
EEE
العربية



Ch 5 : Voltage & Current Transformers

Eng / Alaa Mohammed Hammadi Hammadi



ما الغرض من محولات الجهد والتيار ؟

١- تخفيض قيمة الجهد والتيار إلى قيم مناسبه يمكن قياسها بأجهزة القيا س أو الوقايه .
٢- عزل الدوائر الموجوده فى الجانب الثانوى (أجهزة قياس / وقايه) عن الجانب الإبتدائى ذى الجهود والتيارات العاليه .
٣-إستخدام قيم قياسيه للجهد / للتيار للأجهزه الموجوده فى الجانب الثانوى .

ما وظيفة محولات الجهد وما أنواعها ؟

تقوم محولات الجهد بتخفيض الجهد إلى 100 فولت أو 110 فولت لتغذية أجهزة القياس مثل KVARh , KV , KW , KWh كما تقوم أيضا بتغذية أجهزة الوقايه مثل Directional O/C , E/F , Over/Under Voltage وكذلك تغذى محولات الجهد أنظمة التحكم مثل : Load shedding Intrlock

تختلف محولات الجهد عن محولات القدره فى قيمة ال rated power لكل منهما فمحولات القياس قد لا تتعدى القدره التى تمر خلالها عدة عشرات من VA بينما تصل القدره الماره خلال محولات القدره إلى مايزيد عن 300 MVA كما أن محولات الجهد لاتحتاج إلى تبريد بينما محولات القوى تحتاج إلى تبريد بشكل أساسى لأن القدره الماره خلالها عاليه .

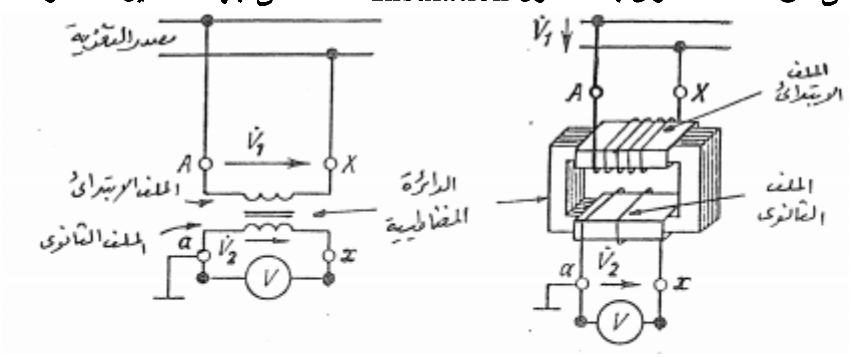
وهناك ملحوظه هامه هى أنه مطلوب من محولات الجهد المستخدمه فى القياس أو الوقايه أن تنتج جهدا فى الجانب الثانوى يماثل قدر المستطاع جهد الإبتدائى (مع الأخذ فى الإعتبار قيمة ال turns ratio) ، وهذا يتطلب أن يكون ال voltage drop خلال ال VT أقل ما يمكن كما يجب أن تكون نقطة التشغيل لمحولات الوقايه والقياس بعيده قدر الإمكان عن حدود التشبع saturation للقلب الحديدى .

أنواع محولات الجهد هى : ١- Potential Transformer
٢- Capacitive Voltage Transformer

تكلم عن تركيب محول الجهد VT ؟

يتكون محول الجهد VT من :
١- دائره مغناطيسيه مقفله ، تتكون من شرائح من الحديد السليكونى .
٢- ملف إبتدائى Primary winding يحتوى على عدد كبير من الملفات ويوصل على التوازى مع الدائره المراد تركيب محول الجهد عليها .
٣- ملف ثانوى Secondary Widing يحتوى على عدد قليل من الملفات ويوصل على التوازى بملفات الجهد فى أجهزة القياس أو الوقايه .

يتم عزل الملف الإبتدائى عن الملف الثانوى بمادة عزل Insulation تعتمد على جهد التشغيل فكلما زاد الجهد زاد العزل



ما هى المواصفات التى يتم بناءا عليها إختيار محولات الجهد ؟

هناك عدة مواصفات لا بد منها قبل إختيار محول الجهد المناسب وهى :
١- Rated voltage : ويقصد به جهد الجانب الإبتدائى ، على سبيل المثال 12 KV
٢- Level Voltage : ويقصد به جهد الجانب الثانوى ، على سبيل المثال 12 – 28 – 75 – 100 – 110 KV
٣- Breakdown – pulse Voltage : وهى أقصى قيمه يتحملها المحول بصوره مؤقته ولحظيه وليس بصوره دائمه ، وغالبا ما تكون عند لحظات الأعطال .
٤- Turn Ratio وهى نسبة التحويل .
٥- Accuracy Class : وهذه من أهم المواصفات لأنها توصف نسبة الخطأ فى قراءى محول الجهد من حيث المقدار والزاويه . وبالتالى تحد د هل هذا النوع يناسب الإستخدام مع الوقايه أم يناسب دوائر القياس .

- وأهم القيم القياسيه لدرجة الدقه للمحولات المستخدمه فى أجهزة القياس 0.1 و 0.2 و 0.5 و 1.0 و 3.0 أما درجات الدقه للمحولات المستخدمه مع أجهزة الوقايه فهى تتميز بوجود حرف P بعد الرقم مثل 3P و 5P للدلاله على أنها مخصصه لل protection . ويلاحظ أنه كلما إرتفعت القيمه كلما كانت نسبة الخطأ المتوقعه أعلى .

عرف نسبة الخطأ بالنسبه لمحولات الجهد ؟

تعرف نسبة الخطأ Error بأنها

$$Error = \frac{K_n V_s - V_p}{V_p} \times 100 \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (2-1)$$

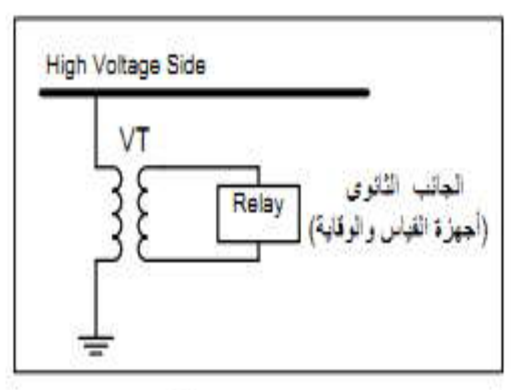
حيث K_n نسبة التحويل

V_s جهد الثانوى

V_p جهد الابتدائى

تكلم عن طرق توصيل محولات الجهد ؟

بصفه عامه توصل محولات الجهد لقياس الجهد على الأوجه الثلاثه بصوره منفصله حيث يتم توصيل كل VT بين Phase و Neutral ، وبالتالى تتاح لجهاز الوقايه أن يرى قيمة جهود الأوجه الثلاثه منفصله عن بعضها (VA , VB , VC) والشكل 1-2 يظهر تركيب VT مع أحد ال Phases الثلاثه لخط من خطوط النقل .

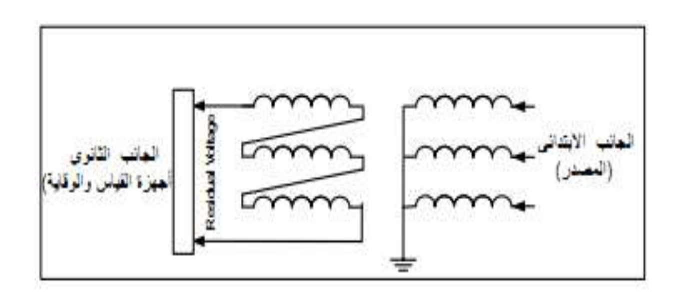


الشكل 2-1 تركيب الـ VT مع أحد الخطوط

غير أنه فى بعض الأحيان تستخدم محولات الجهد لقياس مجموع الجهود فى ال Phases الثلاثه وليس الجهد على phase محدد كما فى الشكل 2-2 ، وتسمى طريقة التوصيل هذه بـ Resdual Connection ، وهى مفيده فى إكتشاف الأعطال الغير متماثله Unsymmetrical Faults ، حيث يكون مجموع الجهود على الـ Three Phases فى حالة العطل لا يساوى صفرا كما هو الحال فى الظروف الطبيعيه ، ومن ثم فبمجرد ظهور أى جهد على أطراف هذه التوصيله فإن ذلك يؤكد وجود نوع من أنواع الـ Unsymmetrical Faults .

لاحظ أن هذه التوصيله لا تفيد فى حالة Symmetrical Faults ، لأن الجهود كلها متماثله ، ومجموعها الإتجاهى يساوى صفر ، وبالتالى لا يمكن تمييز العطل عن الوضع الطبيعى ، والجهد الذى يظهر على أطراف هذه التوصيله يسمى Residual Voltage ، وهذه التوصيله تفيد أيضا فى قياس ما يسمى Zero Sequence Voltage ، حيث أنه من المعلوم أن Vresidual يساوى ثلاثة أمثال Zero Sequence Voltage الذى يساوى مجموع الجهود الثلاثه .

وأخيرا نشير إلى أن هذه التوصيله تسمى أيضا Broken Delta . والسبب واضح من الرسم فهى تشبه دلتا مفتوحه فى نقطه .



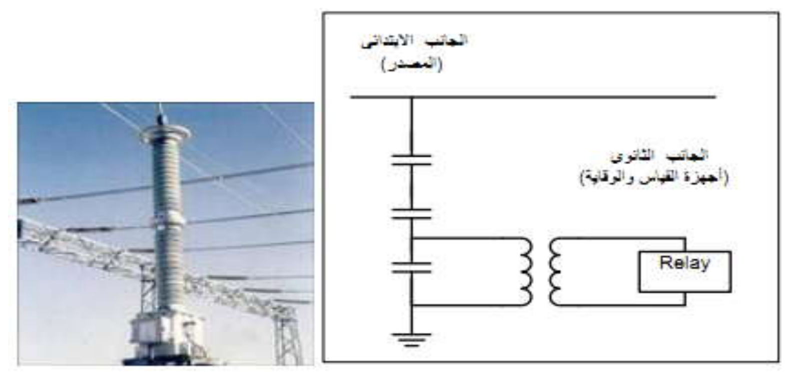
شكل 2-2 توصيل محولات الجهد بطريقة Residual Connection

ما هو Capacitive Voltage Transformer ومتى يستخدم ؟

***إستخدام المكثفات فى قياس الجهد_:

فى حالة الجهود العاليه يصبح إستخدام محولات الجهد العاديه مكلف جدا ، لأن العزل المطلوب سيكون عاليا . وللتغلب على هذه المشكله بطريقه إقتصاديه يتم إستخدام ما يعرف بـ Capacitive Voltage Transformer ويرمز له بالرمز CVT ويتم توصيله كما بالشكل 2-3 الذى يمثل قراءة الجهد على أحد الـ phases ، وفكرة هذا النوع تمثل فى الواقع ما يعرف بـ Capacitor Divider ، حيث يتوزع الجهد العالى على عدد من المكثفات ، ويتم قراءة الجهد على أحد هذه المكثفات من ناحية الأرض بواسطة VT العادى ، حيث أصبح الجهد الإبتدائى الآن يمثل نسبه صغيره من الجهد الأصلى ، وهى نفس نسبة سعة المكثف الأخير إلى سعة مجموعة المكثفات .

يعيب هذا النوع من الـ CVT وجود تشوه فى شكل الموجه أكثر من الـ VT العادى ، وهو شئ متوقع بسبب وجود المكثفات فى الدائره ، لكن هناك عدة طرق لعلاج التشوهات فى شكل الموجه ، خاصه مع أجهزة الوقايه الرقميه التى تستخدم طرقا عديده لإسترجاع شكل الموجه الأصلى بدون تأثير المكثفات .



شكل 2-3 استخدام المكثفات فى قياس الجهد

****

ما هى وظيفة محولات التيار current transformer ؟

وظيفة محول التيار أن يغذى أجهزة القياس / الوقايه بتيار صغير تتناسب قيمته مع التيار الأصلى المار فى الدائره ، ويفضل دائما أن تكون قيمة تيار الجانب الثانى فى حدود أقل من 5 أمبير فى الأحوال الطبيعيه ، ويتم ذلك بإختيار نسبة تحويل معينه تعرف بـ Turns Ratio ، ولها قيم قياسيه أشهرها على سبيل المثال : 5 : 100 - 5 : 200 - 5 : 300 ، حتى نصل إلى أقصى قيمه عمليا وهى 1 : 3000 .

ويوصل محول التيار على التوالى مع الدائره المراد قياس تيارها .

تكلم عن تركيب محول التيار ؟

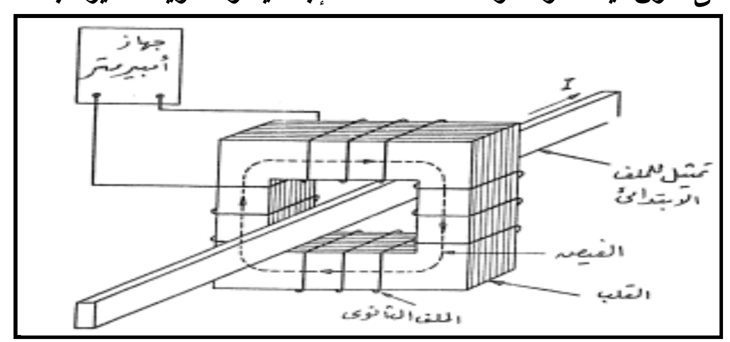
يتكون محول التيار (C.T) من :

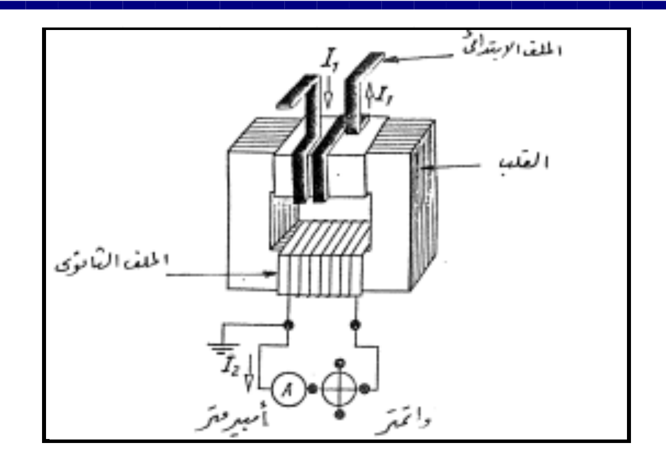
١- قلب مصنوع من الصلب السليكونى أومصنوع من سبيكه من الحديد والنيكل ، ويمثل الدائره المغناطيسيه .

٢- ملف إبتدائى عباره عن موصل ذى مقطع كبير ، يتكون من لفه واحده أو أكثر ويتصل على التوالى مع الخط (line) الذى سيتم تركيب محول التيار عليه ومن هنا جاءت تسمية محول التيار بـ Series Transformer وإذا كان مقنن محول التيار عاليا ، فإن الملف الإبتدائى يكون عباره عن موصل مستقيم يمر خلال الدائره المغناطيسيه .

٣- ملف ثانوى عباره عن عدد كبير من اللفات مصنوعه من سلك معزول ، تلف على القلب ، يتم عزل الملف الإبتدائى عن الملف الثانوى بمادة عزل تعتمد على جهد التشغيل فكلما زاد الجهد زاد العزل .

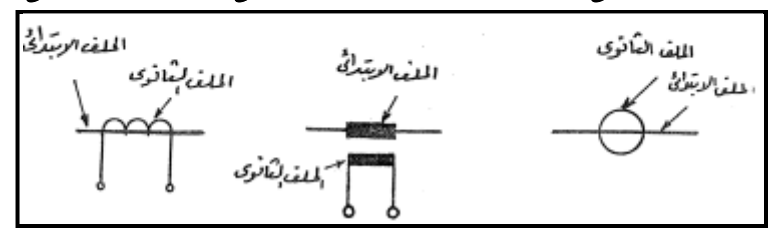
ويلاحظ أن محول التيار المثالى تكون فيه مقاومة وممانعة الملفات الإبتدائيه والثانويه صغيره جدا



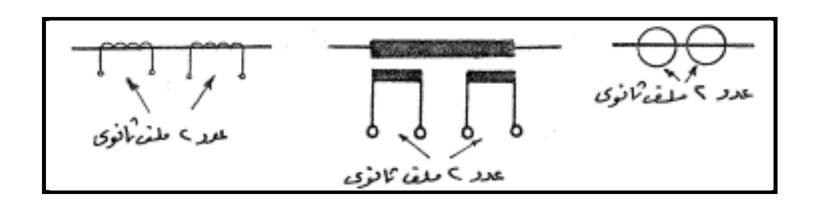


طريقة تمثيل محول التيار :

كما ذكنا يتكوم محول التيار من ملف إبتدائى وملف ثانوى وقلب حديدى وبالتالى يمكن تمثيله كما فى الشكل التالى



يمكن أن يحتوى محول التيار على أكثر من ملف ثانوى كما يبين الشكل التالى محول تيار يحتوى على ملفين ثانويين

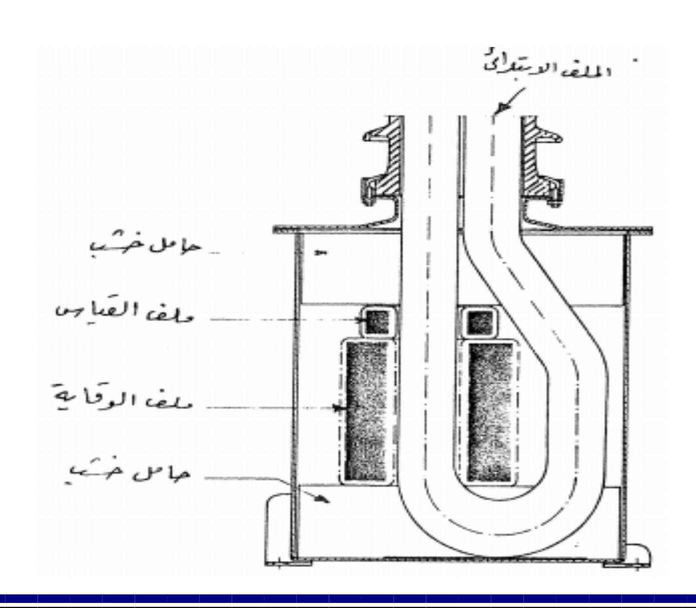


وتكتب بياناته كالآتى

نسبة التحويل	=	100 /5 /5 A
القدرة	=	15 30 VA
درجة الدقة	=	0.5 5p 20

معنى ذلك أن أحد الملفين الثانويين قدررة المخرج له 15 VA ودرجة الدقه 0.5 ويتخدم لأجهزة القياس بينما الملف الآخر قدرة المخرج له 30 VA ودرجة الدقه 5p20 ويستخدم لأجهزة الوقايه .

والشكل التالى يوضح مقطع فى محول تيار يحتوى على ملفين ثانويين :



ما هى أنواع محولات التيار ؟

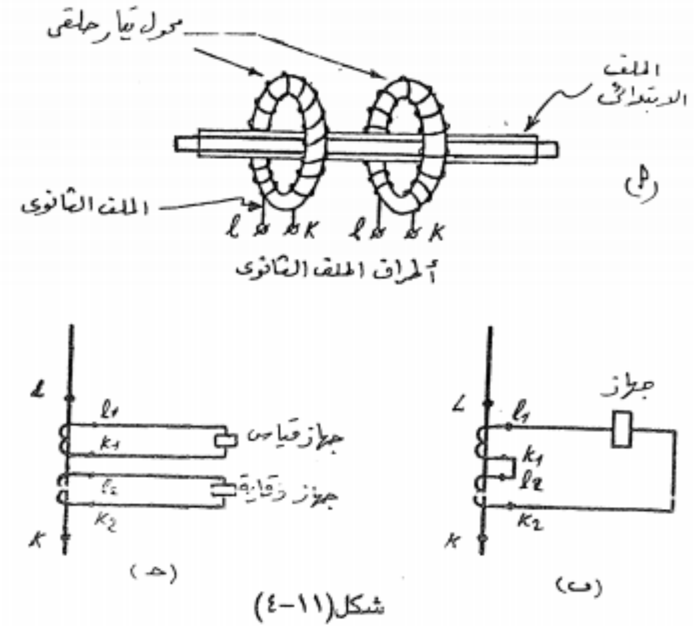
يوجد ثلاثة أنواع من محولات التيار هى :

١- محول تيار من النوع شباك (حلقى) Window–type C.T or Ring- type C.T or Through-type C.T

يتكون من قلب على شكل حلقه أسطوانيه مصنوعه من شرائح الحديد ، يتم لف الملف الثانوى على القلب – بينما يعتبر الكابل أو الخط الما خلال الفتحه الحلقيه لمحول التيار هو الملف الإبتدائى

شكل (١١-٤)أ يوضح محولى تيار من النوع الحلقى يمران خلال كابل (L,K) بينما فى شكل (١١-٤)ب تم توصيل الملفين الثانويين لمحولى التيار على التوالى وتوصيلهما على جهاز حمايه أو قياس

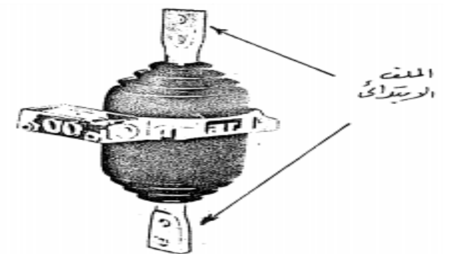
فى شكل (١١-٤)جـ تم توصيل كل ملف ثانوى على جهاز مستقل (حمايه أو قياس)



شكل(١١-٤)

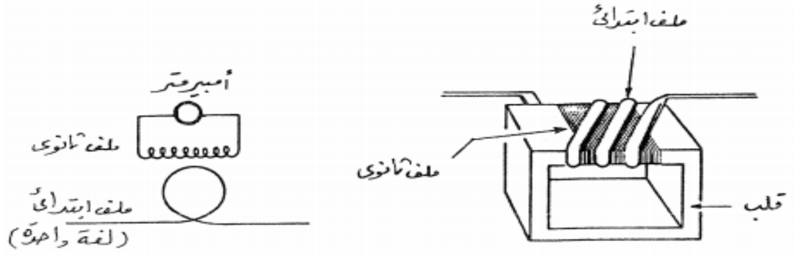
٢- محول تيار من النوع ذى القضيب Bar-Type C.T

يحتوى هذا النوع على قضيب مصمت (solid Bar) هو الملف الإبتدائى لمحول التيار ، ويتم توصيله على التوالى مع الخط أو الكابل المراد تركيب محول التيار عليه ويتحمل هذا النوع الإجهادات الناتجه عن التيارات المرتفعه .

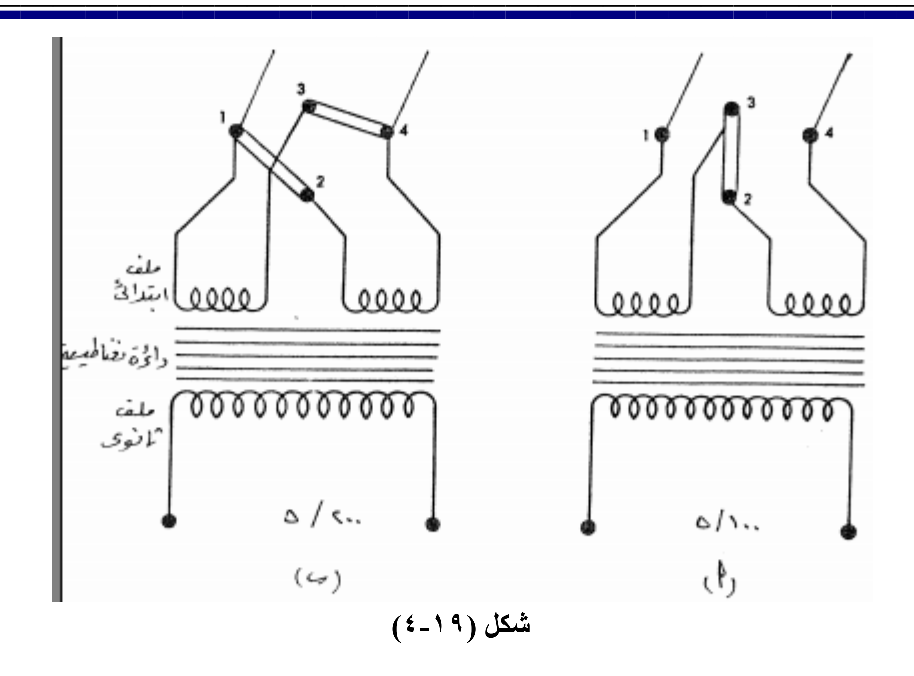


٣- محول تيار من النوع الملفوف Wound-Type C.T

يتكون من قلب من شرائح الحديد وملف إبتدائى وملف ثانوى منفصلين وغالبا يكون الملف الإبتدائى عباره عن لفه أو أكثر من موصل ذى مقطع كبير ، ويتصل على التوالى مع الدائره المراد تركيب محول التيار عليها



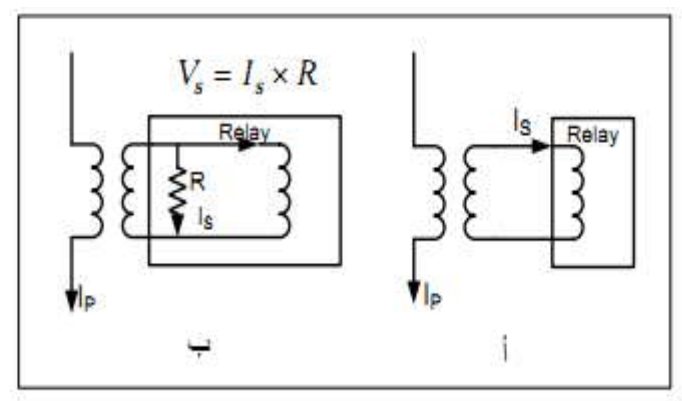
هذا النوع أحيانا يحتوى على نسبة تحويل ثنائيه (Dual Ratio) أى يحتوى المحول على ملفين إبتدائيين يتم توصيلهما على التوالى أو التوازى على حسب نسبة التحويل . شكل (١٩-٤) يوضح محول تيار يحتوى على ملفين إبتدائيين وملف ثانوى ونسبة التحويل (100-200/5) أى يمكن الحصول على نسبة تحويل 100/5 إذا تم توصيل الملفين الإبتدائيين على التوالى كما فى شكل (١٩-٤)أ أو الحصول على نسبة تحويل 200/5 إذا تم توصيل الملفين الإبتدائيين على التوازى كما فى شكل (١٩-٤) ب .



شكل (١٩-٤)

كيف يتم توصيل محولات التيار مع أجهزة الوقايه ؟

فى بعض الأحيان يتم توصيل الملف الثانوى مباشرة إلى الـ Relay ؛ بمعنى إستخدام تيار الملف الثانوى ليمر مباشرة فى ملف جهاز الوقايه كما فى الشكل 2-4 أ ، وفى أحيان أخرى يتم توصيل مقاومه صغيره جدا بين طرفى الملف الثانوى – تصل إلى جزء من عشرة من الأوم – وينشأعليها جهد يتناسب مع التيار المار فى الملف الثانوى للـ CT ، كما فى الشكل 2-4 ب . وهذا الأسلوب يستخدم غالبا مع أجهزة الوقايه الرقميه والتى تحتاج إلى تحويل التيار إلى جهد تمهيدا لتحويله إلى Digital Numbers بواسطة A/D Converter .



شكل 2-4 توصيل محولات التيار مع أجهزة الوقاية

ما هى نظرية عمل محول التيار ؟

يتم توصيل طرفى الملف الإبتدائى لمحول التيار على التوالى مع الدائره المراد قياس تيارها ، فى حين يوصل جهاز القياس / الوقايه بين طرفى الملف الثانوى محول التيار .

ومن المعروف أن تيار الثانوى يتناسب مع تيار الإبتدائى طبقا للنظريه العامه للمحولات يعنى أن :

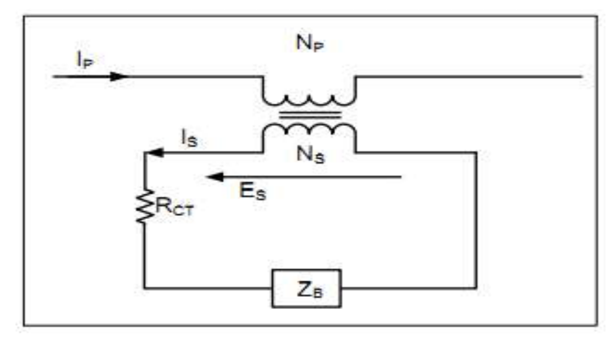
$$I_P = I_S \times \frac{N_S}{N_P} = I_S \times N$$

حيث N هى النسبه بين عدد لفات الملف الثانوى إلى عدد لفات الملف الإبتدائى وتعرف بـ Turns Ratio

وعند توصيل محول التيار إلى جهاز ما للقياس أو الوقايه له معاوقه ZB ، فإن التيار المار فى الملف الإبتدائى سوف ينشأ فيضا مغناطيسيا سوف ينتج عنه ظهور جهد e.m.f بين طرفى الثانوى ويرمز له بالرمز Es ، وهو الذى يتسبب فى مرور تيار Is كما فى الشكل 2-6 وبالتالى يظهر على طرفى جهاز الوقايه / القياس جهد قدره Vo/p يساوى

$$V_{o/p} = I_S Z_B = E_S - I_S R_{CT}$$

حيث تمثل RCT المقاومه المكافئه لمحول التيار المستخدم وقد يضاف لها مقاومة أسلاك التوصيل RL



شكل 2-6 : الكميات الأساسية لمحول التيار.

لاحظ هذا الجهد الناشئ بين طرفى الملف الثانوى يتناسب طردبا مع معدل تغير الفيض بمعنى أن

$$E_S \quad \alpha \quad \frac{d\phi}{dt}$$

$$\phi = B \times A$$

حيث B هى كثافة الفيض فى القلب الحديدى وتقاس بـ ($Tesla = wb/m^2$) .

وطبقا للنظريه العامه للمحولات فإن أقصى جهد EK ينشأ بين طرفى المحول ويعرف بـ Knee- point Voltage يساوى

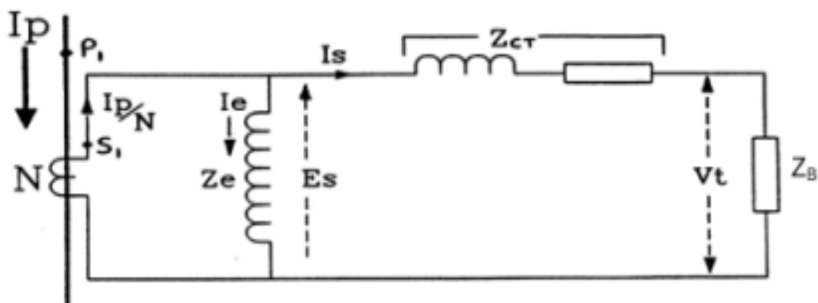
$$E_K = 4.44 * N * F * A * B_{Max} \qquad \textbf{(1-2)}$$

حيث F هى التردد و N هى عدد اللفات .

وتستخدم هذه القيمه لتحديد أقصى معاوقه ZB يمكن توصيلها بين طرفى محول تيار معين .

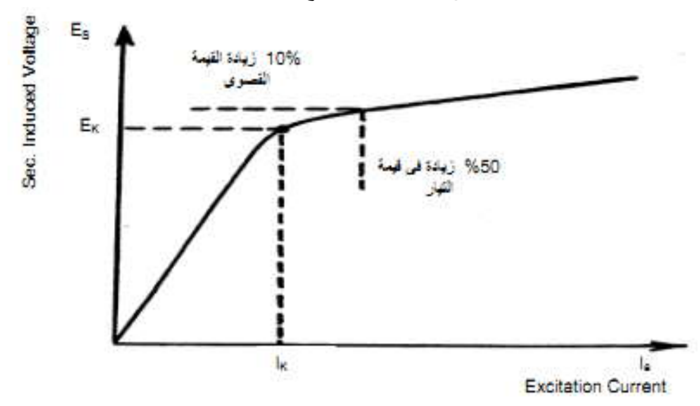
تكلم عن منحنى المغناطيسيه محول التيار ؟

من المعروف أن لكل CT منحنى مغناطيسيه خاص به يوضح العلاقه بين الفولت الذى ينشأ فى الملف الثانوى والتيار المسبب للفيض ، وهو التيار المعروف بـ Excitation Current Ie . وهذا التيار يمثل جزء صغير من التيار المتولد فى الجانب الثانوى ، وهو يسحب داخل المعاوقه الداخليه لمحول التيار Ze التى تظهر ضمن الدائره المكافئه لمحول التيار فى الشكل التالى . لاحظ أن جهاز الوقايه/ القياس المركب بين طرفى الثانوى يحب الجزء الأكبر من تيار الثانوى .



ويعرف منحنى المغناطيسيه بـ Magnetization Curve ويسمى أيضا بـ Excitation Curve وتوجد عليه نقطة Knee- point وتسمى نقطة الإنقلاب .

وتعرف هذه النقطه بأنها النقطه التى تتسبب فى زياده قدرها 10 % فى قيمة الجهد Es نتيجة إرتفاع قيمة التيار Ie بمقدار 50 % .بمعنى آخر ، أنها النقطه التى يبدأ بعدها الـ CT فى دخول مرحلة ما يسمى بالـ Saturation . وأغلب محولات التيار يجب أن تعمل فى المنطقه الخطيه قبل هذه النقطه حتى لا يحدث تشبع للمحول .

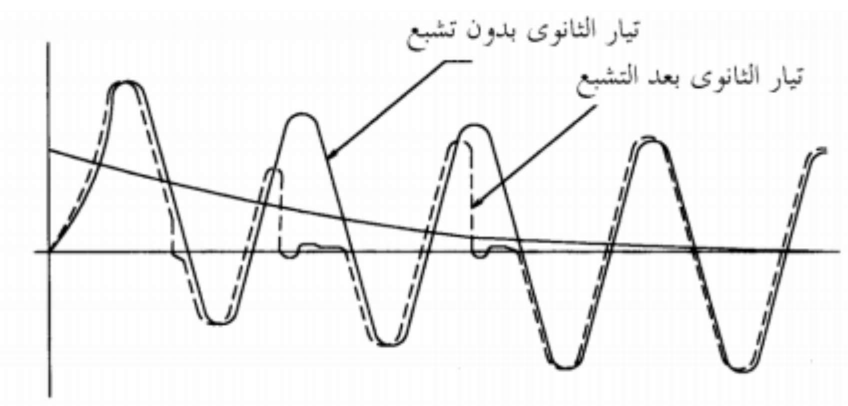


تكلم عن مشكلة التشبع ؟

معلوم أن التيار الكهربى المتردد ينتج عنه فيض مغناطيسي متردد يتناسب طرديا معه ، وبالتالى كلما زاد التيار زاد الفيض ، ومشكلة التشبع تحدث مع الزياده الكبيره فى قيمة التيار (عند حدوث العطل) ، حيث يتسبب ذلك فى نشوء فيض عالى جدا لا يستطيع القلب الحديدي تحمله فيحدث له مايسمى التشبع saturation

يتسبب تشبع القلب الحديدى فى توقف زيادة الفيض العالى ، وبالتالى تثبت قيمة الفيض على قيمه معينه ثابته (حد التشبع) ، بمعنى أن معدل التغير فى الفيض أصبح صغيرا (تذكر أن التيار يتناسب طرديا مع معدل تغير الفيض dΦ/dt) ، وبالتالى لا ينشأ أى تيار فى الملف الثانوى (يصل تقريبا إلى الصفر)

لاحظ فى الشكل التالى ذلك النقص التدريجى فى مركبة الـ DC Componenet وهى أحد العوامل الأساسيه فى تشوه قيمة تيار الثانوى مقارنة بتيار الإبتدائى ، وتتوقف قيمتها على لحظة القفل وعلى قيمة X ، R للدائره بينما تتوقف مدة بقائها على قيمة الـ X ، R فقط . لاحظ أيضا أن الإختلاف فى القيمه ليس بسبب الـ turns ratio فحسب ، وإنما أيضا بسبب الـ saturation كذلك ، ولذا نقول أن التيار قد حدث له تشوه Distortion وبالتالى لا نتوقع أداءا سليما لجهاز الوقايه مهما كانت دقته ما لم يتم حل هذه المشكله .



لماذا يجب قصر طرفي محول التيار عند عدم اتصالهم بحمل؟

في محول التيار تتحدد قيمة تيار الابتدائي (المار في الكابل أو الخط أو القضبان العمومية...إلخ) حسب ظروف الشبكة ولا دخل لتيار الثانوي في قيمته (على عكس محول الجهد). أي أن تيار الابتدائي مستقل عن ظروف المحول بما فيها ظروف دائرته الثانوية. يقوم معظم تيار الابتدائي بإنتاج الفيض المغناطيسي في قلب المحول الذي يقوم بتوليد قوة دافعة كهربية في ملفات الثانوي. أي أن تيار الابتدائي يمثل (في أغلبه) تيار المغنطة. يقوم تيار الحمل (في الثانوي) بمهمة إنتاج فيض مغناطيسي معاكس لفيض الابتدائي مما يُحد من الفيض المحصل وبالتالي من الجهد على طرفي الملف الثانوي. وفي حالة عدم اتصال دائرة الثانوي لمحول تيا ار بحمل مع بقائها مفتوحة فإن تيار الثانوي ينعدم، وينعدم معه التأثير المضاد للفيض المغناطيسي الكبير الناتج من تيار الابتدائي ذي القيمة العالية (أو العالية جداً). وحينئذ يرتفع فرق الجهد بين طرفي الثانوي (المفتوحين) إلى مستويات كبيرة جداً قد تصل إلى الحد الذي يسبب مخاطر كبيرة لكلٍ من المحول أو للشخص المتعامل معه أو للمُعدة التي تحتوي المحول أو المجاورة له. كما يتأثر القلب الحديدي للمحول في هذه الحالة بالقيمة العالية جداً للفيض المغناطيسي بما تسببه من تعرضه للتشبع الشديد وكذلك مستويات عالية من الحرارة الناتجة من التيارات الدوامية والتخلف المغناطيسي.

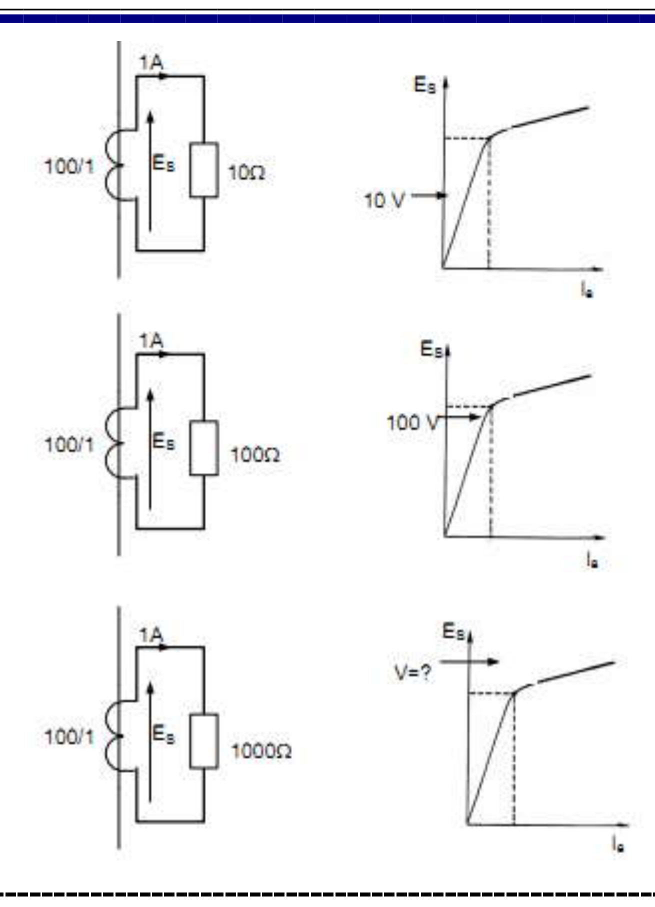
ما هو مصطلح BURDEN ؟؟

كلمة BURDEN وهي مصطلح يعبر عن حمل دوائر القياس والوقاية الموصلة على ثانوي محول التيار. و تقاس ال BURDEN بال Volt Ampere وليس بالأوم ولكنهما متكافئان ويمكن إستنتاج أحدهما بدلالة الآخر فعلى سبيل المثال محول التيار الذى يتحمل burden قدره 12.5 VA وتياره الطبيعى فى الثانوى يساوى 5A يمكنه فى الواقع تحمل توصيل Burden قدره $Z_B = P/ I^2 = 12.5 / 25 = 0.5\ \Omega$

ودائما ما تكتب على ال Name Plate كرقم مثل 15 VAاو 30 VA و دائما ما يذكر بجوارها رقم الAccuracy مثل 5P20 اذا كانت دائرة وقاية او مثلا Cl 0.5 اذا كانت دائرة قياس

وكلما كان جهاز الوقايه يمثل low burden على محول التيار كلما كان ذلك أفضل لأننا لن نحتاج فى هذه الحاله إلى محول ذى قدره عاليه . وهذه إحدى الميزات العديده لأجهزة الوقايه الرقميه لأنها تمثل Low Burden مقارنة بأنواع الأجهزة التقليديه (Electromagnetic or static relays) .

ويوضح الشكل التالى قيمة معاوقة جهاز الوقايه / القياس على إحتمالية تشبع محول التيار ، فكلما زادت مقاومة الجهاز ، كلما زاد الجهد بين أطرافه ، كلما إقترب من نقطة الإنقلاب وهذا يعنى أن محول التيار على وشك أن يتشبع .



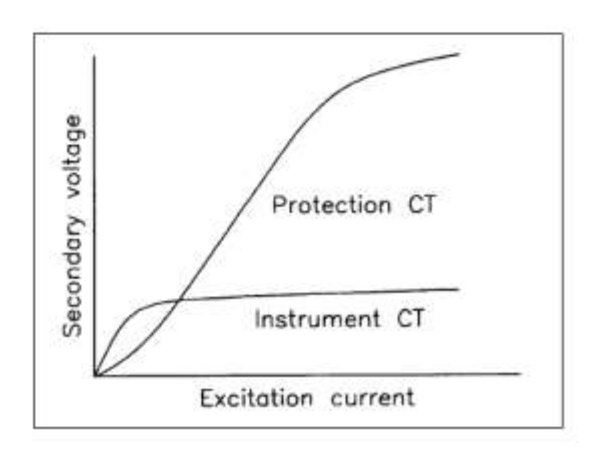
ماهو الفرق بين محول التيار المستخدم فى القياس عن محولات التيار المستخدمه فى الحمايه ؟

وظيفة محولات التيار الخاصة بأجهزة القياس هو قياس التيار في حالات الحمل الطبيعي

أما محولات التيار الخاصة بأجهز الحمايه فوظيفتها قياس التيار خلال الأعطال

وعليه فإن منحني الـ مغنطة لهذه المحولات تعتمد على وظيفتها فمحولات القياس تتميز بمنحني خطي بدقه عاليه نسبياً عند التيارات الصغيره وتكون عروة المنحنى (KNEE POINT) لهذه المحولات منخفضه أي يحدث اشباع للقلب الحديدي لهذه المحولات في حالة الأعطال.

أما محولات الحمايه فتمتاز بمنحني غير خطي عند التيارات الصغيره نسبياً و منحني خطي عند التيارات العالية وتكون عروة المنحنى (KNEE POINT) لهذه المحولات مرتفعه أيأنه لا يحدث اشباع للقلب الحديدي لهذه المحولات في حالة الأعطال.



مقارنة جهد الثانوى فى محولات التيار المستخدمة مع أجهزة القياس وأجهزة الوقاية

وهذه مقارنه بين النوعين

لتيار المستخدم مع أجهزة القياس	لتيار المستخدم مع أجهزة الوقايه
التيار من 5% إلى 120% من قيمة التيار المقنن .	التيار عند قيم أكبر من التيار المقنن .
جة دقه عاليه .	جة دقه منخفضه (مسموح بخطأ نسبة تحويل أكبر من المسموح بها فى أجهزة القياس) .
خرج المحول صغيره .	مخرج المحول أكبر من تلك التى تستخدم فى دوائر القياس
التشبع صغير Low Saturation Voltage	

High Saturation Voltage	التشبع عالى

--- ----

ما أهم مواصفات محول التيار ؟

من أهم الكميات التى يجب توصيفها بدقه مع محول التيار ما يلى :

- الحمل Rated Burden هى القدرة بالفولت أمبير التى يمكن تحميلها على محولات التيار أو الجهد بصفة دائمة على أن تظل قيمة الخطأ فى التيار وزاوية الوجه فى الحدود المسموح بها حسب مستوى الدقة للمحولات وهى تقاس بالـ VA ومن أشهر القيم المستخدمه : (2.5 , 5 , 7.5 , 10 , 15 , 30 VA)
- أقصى تيار يتحمله Continous Rated Current : وغالبا يشار إلى أقصى تيار فى الجانب الإبتدائى .
- أقصى تيار فى مده وجيزه Short circuit current & duration time : وغالبا يشار إلى تيار الثانوى وغالبا تكون المده المحسوب عليها أقصى تيار تتراوح بين نصف ثانيه وثلاث ثوانى .
- تيار الثانوى Rated : وغالبا يكون 1 أو 2 أو 5 أمبير . وغالبا إذا زادت المسافه بين محول التيار وبين جهاز الحمايه عن 30 متر فإننا نستخدم تيارا ثانويا يساوى 1A .
- نسبة التحويل Turns ratio : وأقصاها عمليا 3000/1 وهناك بالطبع قيم أصغر من ذلك .
- الـ Class : وتعتبر من أهم وأشهر القيم التى يوصف بها المحول .

ومن أشهر الـ Classes المستخدمه فى الوقايه فقط هى 5p , 10P بالإضافه إلى الـ Class X الذى يستخدم مع أجهزة الوقايه التفاضليه وذلك طبقا للمواصفات البريطانيه BS . وغالبا يستخدم Class 5P مع Instantenous OC relays بينما يستخدم Class 10P مع أجهزة الـ overcurrent من النوع المعروف بـ IDMT ، بمعنى أنه كلما كانت الدقة المطلوبه عاليه كلما تميزت الـ Class المستخدمه برقم أصغر ، أما التطبيقات التى لا تحتاج لدقه عاليه فيكتفى فيها بـ Class X

- Accuracy limit Factor ALF : قيمه تعبر عن أقصى تيار يمر فى الجانب الإبتدائى دون أن تتأثر دقة القراءه فى الجانب الثانوى ، بمعنى آخر أقصى ديار يمر فى الإبتدائى قبل أن يتشبع القلب ، ويتشوه تيار الثانوى .

على سبيل المثال لو أن محول تيار له نسبة تحويل 200/1 وكانت قيمة ALF = 5 ، فهذا يعنى أن أقصى قيمه لتيار الإبتدائى دون أن يحدث تشوه فى تيار الثانوى تساوى 1000 = 5*200 .

ومن الصيغ المفيده جدا والتى تعتمد على ALF تلك التى تظهر فى المعادله (2-2) والتى تحدد قيمة أقصى جهد ينشأ بين طرفى الـ CT بدلالة الـ ALF :

$$V_k = \frac{rated \quad VA}{I_n} \times ALF \ + \ I_n \times R_{CT} \times ALF \qquad [2-2]$$

وهى تعطى قيمه قريبه لقيمة الـ V_K والتى سبق وحسبناها من المعادله (1-2) مع ملاحظة أن المعادله (1-2) كانت بدلالة Bmax وهى بقيمه لا يسهل حسابها أو معرفتها ومن هنا جاءت قيمة هذه المعادلة التقريبية .

ما المقصود بالرمز التالى 100/1 ، 5P10 ، 30 VA ؟

(100/1) هى نسبة التحويل Turns ratio

(5P10) تعنى أنه محول تيار للوقايه والرقم الذى يظهر على يسار الحرف P وهو رقم 5 يعنى مستوى الدقة Accuracy class والرقم الذى على يمين الحرف P يمثل معامل أقصى حدود الدقة Accuracy limit Factor ALF

(30 VA) هو الـ rated burden

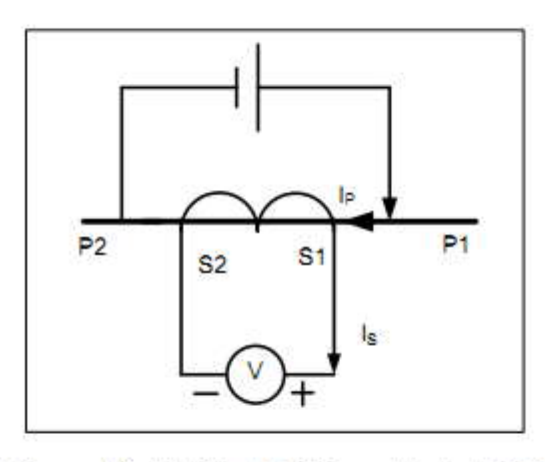
هذه المعلومات تعنى أن هذا الـ CT له دقة قياس (نسبة خطأ) قدرها 5% ويمكنه المحافظة على هذه الدقة فى مدى قدره 10 أمثال تياره الطبيعى الذى يساوى 1A فى الثانوى .

بمعنى آخر : أن هذا الـ CT يمكنه تحمل تيار بحد أقصى 10 A فى الثانوى ، وهو يعادل 1000 A فى الإبتدائى ، مع بقاء نسبة الخطأ فى الحدود المقررة لها شريطة أن تكون الأحمال الموصله عليه 30 VA .

ما هى الأختبارات التى يجب إجراؤها على محولا ت التيار قبل البدء فى إدخال محولات التيار فى الخدمه ؟

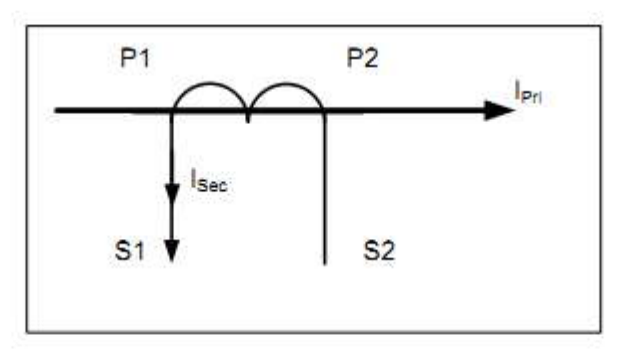
١- إختبار نسبة التحويل Turns ratio : وذلك بإمرار تيار فى الملف الإبتدائى وقياس تيار الثانوى

٢- إختبار القطبية Polarity test : وذلك بتوصيل بطاريه جهدها 6 V بين طرفى الملف الإبتدائى للـ CT وتوصيل فولتميتر بين طرفى الثانوى ، فعند توصيل البطاريه فى الدائره ينحرف مؤشر الفولتميتر إلى الجهه الموجبه ، وعند فصل البطاريه ينعكس فى الإتجاه الآخر ، وعندها تكون S1 هى الطرف الموصل إلى موجب الفولتميتر .



شكل 2-13 اختبار الـ Flicker لمعرفة القطبية الصحيحة لـ CT

ملحوظه : تيار الثانوى (من S1 إلى S2 فى الدائره الخارجيه) يكون دائما فى نفس إتجاه تيار الإبتدائى المار من P1 إلى P2 كما فى الشكل 2-12 . لاحظ أن التيار فى الملف الثانوى نفسه يسير فى عكس إتجاه الإبتدائى .



شكل 2-12 تحديد اتجاه التيار فى محولات التيار مقارنة بالتيار الأصلى

٣- إختبار التشبع Saturation test : وذلك بتسليط جهد على الملف الثانوى مع قياس التيار الذى ينشأ فى الملف الثانوى علما بأن الجانب الإبتدائى يظل مفتوحا بدون أى حمل أثناء الإختبار .
ويبدأ الإختبار بزيادة الجهد تدريجيا وقياس قيمة التيار حتى تصل إلى مرحلة التشبع التى تبدأ من النقطة التى إذا زاد الجهد فيها بنسبة ١٠ % فأن تيار الملف الثانوى يزيد بنسبة ٥٠ % وبعد هذه النقطة فان أى زيادة صغيرة فى الجهد تؤدى إلى زيادة كبيرة جدا فى التيار وبذلك يدخل المحول مرحلة التشبع .
وعندئذ يبدأ تسجيل القراءات : حيث نبدأ فى خفض قيمة الجهد تدريجيا وتسجيل قيم التيار المقابله لكل قيمه من قيم الجهد والتأكد من وصول الجهد إلى صفر فى النهايه للتأكد من حدوث Demagnetization للقلب والآن يمكنك رسم منحنى المغناطيسيه .

٤- قياس المقاومه الداخليه للملف الثانوى : وذلك عن طريق توصيل مصدر جهد مستمر يمكن التحكم فيه عن طريق مقاومة متغيرة ويتم رفع الجهد تدريجيا وقياس قيم التيار والجهد المستمر وتحسب المقاومة حسب قانون أوم بالعلاقة المقاومة = متوسط قيمة الجهد ÷ متوسط قيمة التيار

٥- اختبار العزل بواسطة الميجر ١٠٠٠ فولت : ولا تقل مقاومة العزل للملفات الثانوية مع الأرضى عن ١٠ ميجا أوم ولا تقل مقاومة العزل للملفات الابتدائية مع الأرضى عن ٢٠ ميجا أوم

٦- قياس الاستمرارية للملفات الثانوية (continuity)

كيف يمكن قياس حمولة rated burden محولات التيار ؟

يتم فصل الأطراف الثانوية لمحولات التيار S1 , S2 أو K , L من أقرب روزتة ويتم توصيل مصدر للجهد المتردد يمكن التحكم فى قيمته إلى نقط التوصيل المقابلة للأطراف الثانوية لمحولات التيار والتى تغذى أجهزة الوقاية ويتم رفع الجهد تدريجيا ونلاحظ قيم التيار حتى نصل إلى قيمة التيار الراتبة لمحولات التيارIn ويتم تسجيل قيمة الجهد المناظر لها ويتم حساب الحمولة = قيمة الجهد المقاس (عند مرور التيار الراتب) × التيار الراتب للمحول
وتقارن بالقيمة الراتبة لحمولة rated burden محول التيار والمدونة عليه

ما هي وظيفة توصيلة الـ Open delta ؟

تسخدم فى محول الجهد للحصول على جهد المركبة الصفرية فى حالة حدوث قصر بين احد الأوجه و الأرض لاستخدامة فىتحديد اتجاه تيار القصر فى الوقاية المسافية او الوقاية من زيادة التيار

.

هل يمكن حساب الجهد الذى يحدث عنده Knee Point فى محولات التيار اى معرفة الجهد بطريقة حسابية تساوى تقريبا الجهد من منحنى التشبع

توضيح و تعريف ال Knee Point

ال Knee Point هي النقطة التي اذا ازداد الجهد عندها ١٠ % يزداد التيار بمقدار ٥٠ % في محول التيار و بعد هذه النقطة يدخل محول التيار في التشبع

الحساب التقريبي ل Knee Point :

لو عندنا محول تيار بياناته كالتالي :

VA ٦٠ ، ١٠ A , 5 P ، Is=5 ، C.T.R = 300/5

Volt ١٢٠ = ٥ / ٦٠*١٠ = Is / ٦٠*١٠ = Knee Point

Vcallculated = (ALF*Rated burden) / In
where
In = nominal secondary current

****

عند استخدامcurrent transformer لقياس التيار فى خطوط الجهد العالى يقوم c.t. بخفض التيار ليتم ادخاله بعد ذلك على اجهزة القياس ونحن نعرف ان الجهد يناسب عكسيا مع التيار اذن لماذا لا يزداد الجهد على الطرف الثانوى للـ c.t على الرغم من ان الجهد على هذه الخطوط قد يصل الى ٥٠٠kv ؟

ذلك لان محول التيار يسخدم على نقطه معينه فى خط الجهد فيكون voltage drop عند هذه النقطه ضئييل وعندما يقوم c.t بتكبير الجهد تكون القيمه المكبره صغير لا تمثل خطوره عل الاجهزه.

****